Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. Bull. K. Belg. Inst. Nat. Wet.	42	23	Brux. 24.10.1966

OBSERVATIONS SUR LA SALISSURE DANS LE PORT D'OSTENDE

PAR

Eugène LELOUP (Bruxelles) et Philip POLK (Bruxelles) (*)

1. — INTRODUCTION.

Le recouvrement d'une plaque en tufnol (1) a été étudié dans le port d'Ostende (fig. 1). La plaque (50 × 25 cm) fut suspendue à un pilotis d'estacade sous le niveau de marée basse, de sorte qu'elle restait constamment immergée. Elle n'entrait donc pas en contact avec la nappe de mazout qui recouvre parfois l'eau du port. Suspendue au moyen d'un cordage en polyéthylène, cette plaque pouvait tournoyer; en conséquence, il n'y a pas de différence dans la salissure de ses deux surfaces.

La plaque en tufnol a été mise à l'eau le 11-IV-1963 et retirée le 28-V-1964.

2. — FACTEURS CHIMIQUES DE L'EAU DU PORT.

Le tableau I donne les résultats des analyses physicochimiques réalisées dans le fond du port d'Ostende pendant la période du 23-IV-1963 au 27-VIII-1964.

3. — GRANULOMETRIE ET COMPOSITION DU FOULING (Tableau II).

L'ensemble du fouling (fig. 2) a été traité par triage mécanique au moyen de tamis superposés et à mailles ayant respectivement comme diamètre : 15 mm (= 1), 5 mm (= 2), 2,5 mm (= 3), 1,5 mm (= 4), 1 mm (= 5), 0,5 mm (= 6). Tous les éléments retenus sur 1 et 6 sont déterminés, puis pesés après dessication. Le matériel passé au travers

(*) Assistant à l'Université Libre de Bruxelles.

(1) Tufnol = carton imprégné de résine synthétique et résistant à l'eau de mer. Plaque transmise par Dr C. D. LAWRENCE, Superintendant, Central Dockyard Laboratory, Portsmouth, Royaume-Uni.

de 6 est secoué dans de l'eau de mer. On laisse sédimenter pendant une minute, puis décanter : les éléments qui se déposent sont considérés comme sable fin (= 7), ceux qui restent en suspension sont filtrés sur papier, séchés, pesés et estimés comme vase (= 8).

4. — OBSERVATIONS BIOLOGIQUES.

A. — INVENTAIRE (2) DES ORGANISMES (28-V-1964).

Hydrozoa :	1. *Laomedea longissima* (PALLAS, 1766)	(+)
Anthozoa :	2. *Metridium senile* (L., 1758)	
	3. *Sagartia elegans* (DALYELL, 1848)	(+)
Bryozoa :	4. *Membranipora membranacea* (L., 1767)	(+)
	5. *Bowerbankia gracilis* (LEIDY, 1855)	(+)

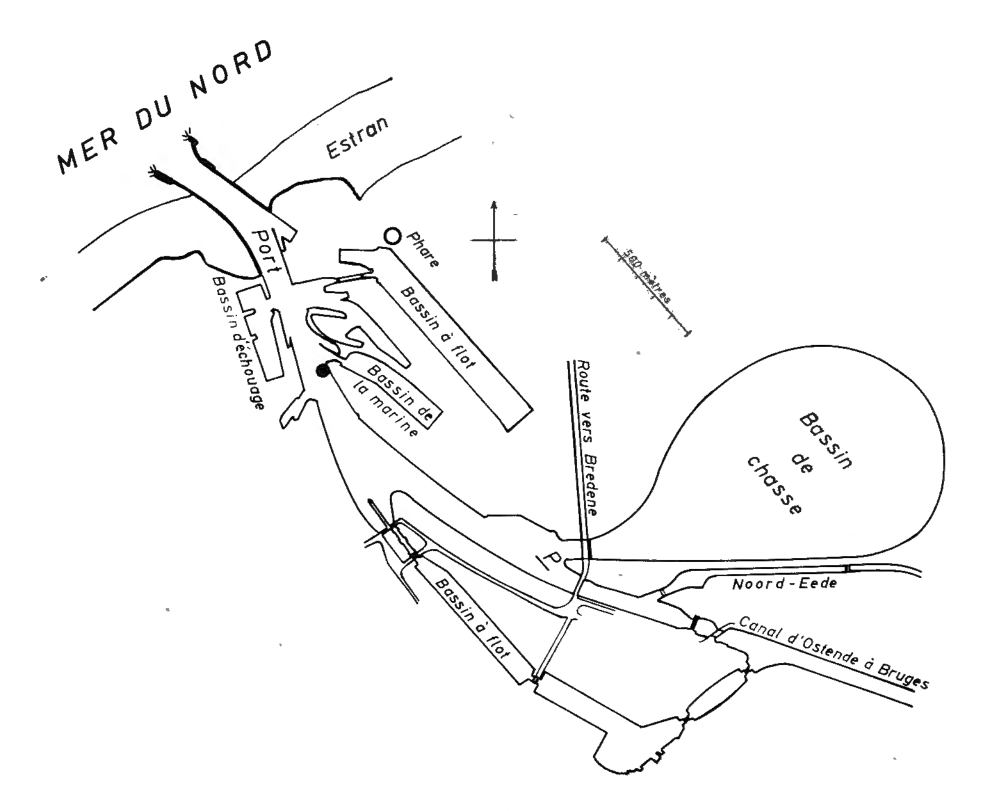


Fig. 1. — Le port d'Ostende, ● = endroit des observations.

(2) + = organismes de salissure dans le sens strict du terme. Les autres vivent dans ce biotope, mais ils ne provoquent pas de fouling.

Polychaeta :	6. *Polydora ciliata* (JOHNSTON, 1838)	(+)
	7. *Nereis succinea* (LEUCKART, 1847)	
Mollusca :	8. *Mytilus edulis* (L., 1758)	(+)
Crustacea :	9. *Balanus crenatus* (BRUG., 1789)	(+)
	10. *Corophium spec.*	
	11. *Canuella perplexa* (T. & A. SCOTT, 1893)	
	12. *Mesochra pygmaea* (CLAUS, 1863)	
	13. *Nitocra typica* (BOECK, 1864)	
	14. *Tisbe furcata* (BAIRD, 1837).	

B. — FACTEURS INFLUENÇANT LA FIXATION.

Pendant toute l'année, la fixation est conditionnée par :

a) la période d'éclosion des larves des organismes dans le port,

b) les organismes déjà fixés sur la plaque expérimentale; après un recouvrement complet, ils ne permettent plus qu'une fixation sélective. En effet, après une fixation de *Polydora ciliata* et l'accumulation de vase qu'elle entraîne, un nouveau recouvrement par *Balanus* devient impossible. Ce nouveau biotope est seulement favorable à une fixation indirecte de *Polychaeta* et de *Crustacea*,

c) la profondeur à laquelle la plaque a été immergée,

d) le mouvement de l'eau le long des surfaces à coloniser.

C. — FIXATION DES ESPECES DANS LE TEMPS (fig. 3).

C1. — Organismes de salissures primaires.

a) Dès la mise à l'eau de la plaque (11-IV-1963), on constate un recouvrement primaire presque immédiat formant une mince couche composée de Bactéries, de Diatomées (principalement *Melosira* spec.) et de Protozoaires (principalement *Ciliata*). Tandis que ces organismes sont inoffensifs comme éléments de fouling, ils constituent une pellicule basale propre à la fixation des organismes nuisibles.

b) *Balanus crenatus* (BRUG.)

Après ce recouvrement primaire, intervient *Balanus crenatus*. La fixation est possible parce que :

1) la plaque a été immergée avant la période de fixation de cette espèce,

2) une fixation massive d'autres organismes n'était pas encore intervenue (*Polydora ciliata* p. ex.),

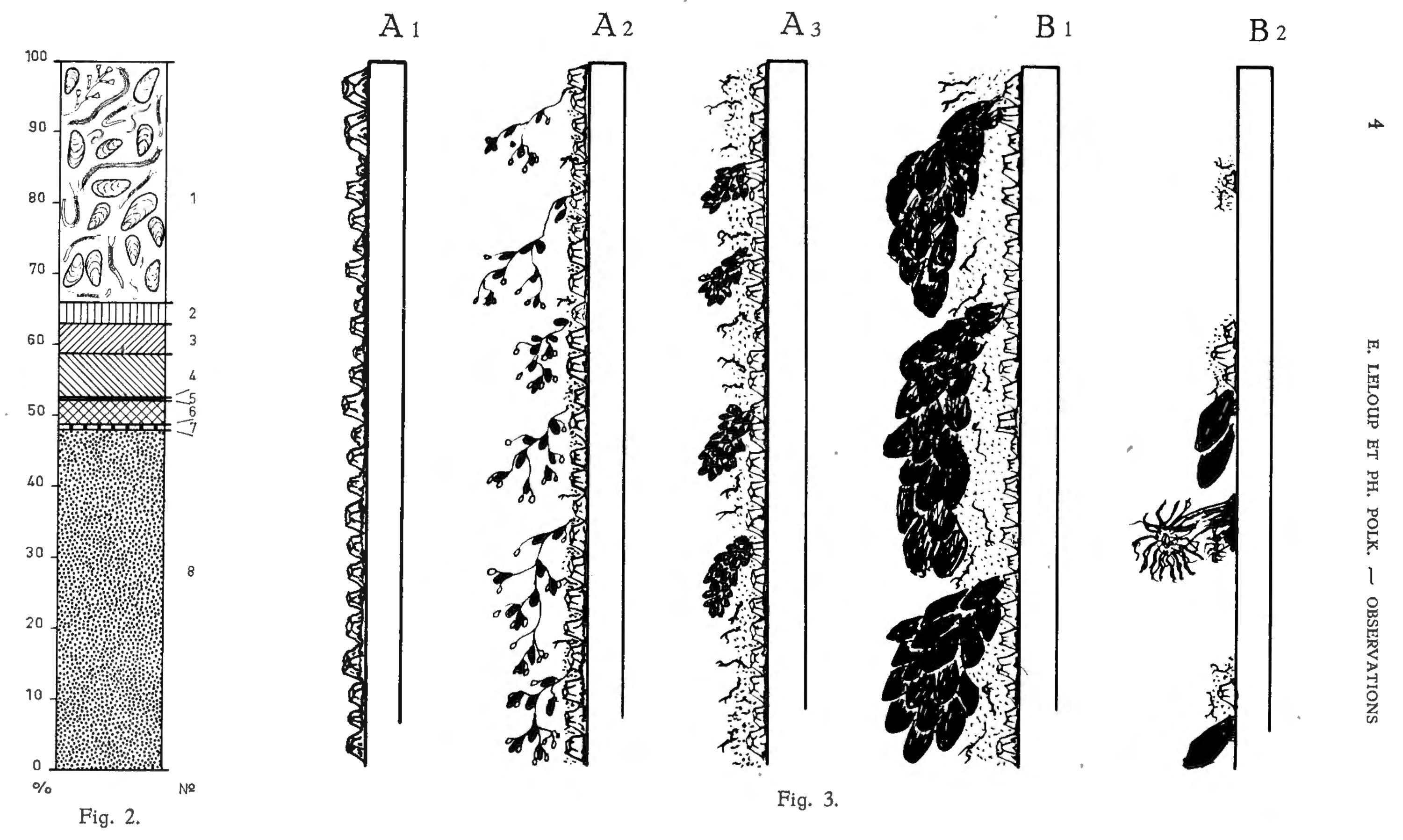


Fig. 2. — Granulométrie et composition du fouling (voir tableau II).

Fig. 3. — Représentation schématique de la succession chronologique de salissures dans le port d'Ostende.
A = 1963, B = 1964.
A_1 : mai-juin — 100 % de *Balanus crenatus* (BRUG.).
A_2 : juin-juillet; première accumulation de particules de vase sur *Balanus;* croissance de *Laomedea longissima* (PALLAS); fixation de *Mytilus edulis* (L.) sur les hydropolypes.
A_3 : août — *Mytilus* en petites grappes; accumulation de vase par *Polydora ciliata* (JOHNSTON).
B_1 : mai — accroissement des moules.
B_2 : août — moules disparues, grappes trop lourdes (?); fixation de *Metridium senile* (L.).

3) suspendue sous le niveau de marée basse, la plaque restait toujours immergée (à une profondeur moins élevée, une fixation de *Balanus balanoides* (L., 1761) peut être escomptée.

Le fait que la plaque séjourne dans une eau relativement calme n'a pas d'importance pour la fixation de *Balanus crenatus*.

c) *Mytilus edulis* (L.).

La fixation de *Mytilus edulis* intervient à Ostende à partir de fin juin et début juillet.

Elle est conditionnée par la période de reproduction de cette espèce le long de la côte belge en juin-juillet et favorisée par un recouvrement antérieur d'*Hydropolypes*, principalement *Laomedea longissima* (PALLAS, 1766), dont la fixation, à Ostende, a lieu de mai jusque juillet et de septembre jusque décembre. Les jeunes moules s'attachent de préférence entre les ramifications hydrocaulaires des *Hydrozoa*. Elles se déplacent pour s'ancrer ensuite sur le substrat proprement dit au moyen de leurs byssus qui, à leur tour, servent pour la fixation d'un nouveau naissain de moules. Et ainsi se forment des grappes de moules (fig. 3, B_1).

Se trouvant suspendue sous le niveau de marée basse, la plaque permet une fixation de 24 heures sur 24 pendant toute la période de reproduction.

Densité.

Le nombre de moules vivantes s'élevait, le 28-V-1964, au total à 405 individus (194 et 211 respectivement sur chaque surface) et le nombre des individus morts par suite de la fixation de *Polydora* à 45 (voir plus loin).

Croissance.

La mensuration de l'ensemble des moules recueillies sur la plaque (fig. 4) montre une longueur moyenne de 35,79 mm (min. = 12; max. = 49), une hauteur moyenne de 18,27 mm (min. = 7; max. = 24) et une épaisseur moyenne de 12,38 mm (min. = 4; max. = 18). On peut en déduire qu'approximativement la moyenne de L (35,79) = 2 H (18,27) = 3 E (12,38). Ces moules ont tendance à s'arrondir.

Le graphique en coordonnées naturelles (fig. 5) donne les relations (3) entre les accroissements en valeurs absolues de la longueur, la hauteur et l'épaisseur des moules observées.

La pente des droites montre que la hauteur et l'épaisseur croissent moins vite que la longueur (valeur absolue) et que la hauteur croit plus vite que l'épaisseur.

(3) Nous adressons nos vifs remerciements à Mme E. DEFRISE, collaboratrice à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, pour ses précieux renseignements et son interprétation des graphiques (fig. 5, 6) ainsi qu'à M. J. DENAYER, préparateur-technicien de 1re classe à l'I. R. Sc. N. B., pour la confection de ces graphiques.

Le graphique et coordonnées logarithmiques (fig. 6) indique les relations (3) entre les accroissements relatifs.

Pour l'épaisseur, l'accroissement relatif est égal à celui de la longueur puisque la pente de la droite vaut 1,00 : la croissance de l'épaisseur relativement à la longueur est harmonique (5). Pour la hauteur, l'accroissement relatif est inférieur à celui de la longueur; en effet, la pente de la

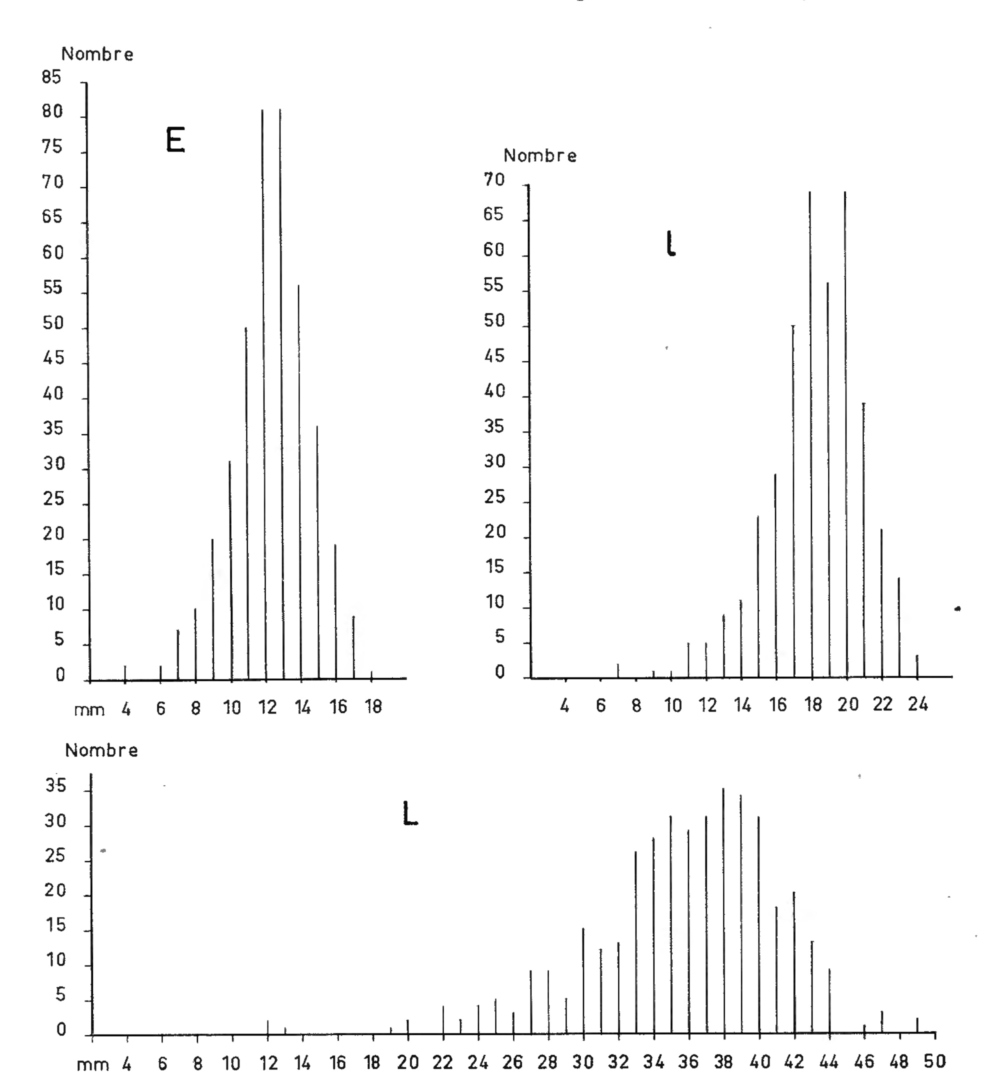


Fig. 4. — *Mytilus edulis* (L.) — Diagrammes des fréquences de la longueur (L), de la hauteur (l) et de l'épaisseur (E).

(4) K. A. Kermack et J. B. S. Haldame, 1950 (Biometrika, vol. 37).
(5) Teissier, G., 1934, *Dysharmonies et discontinuités de la croissance* (Actualités Scientifiques et Industrielles, nº 95).

droite vaut 0,87 valeur inférieure à 1 : la croissance de la hauteur relativement à la longueur est dysharmonique négative (5). Il résulte de ce qui précède que l'accroissement relatif de la hauteur est inférieur à celui de l'épaisseur.

En résumé, pour accroissement relatif de 1 % de la longueur, on observe donc un accroissement relatif de 1% pour l'épaisseur et de 0,87 % pour la hauteur.

d) *Polydora ciliata* (JOHNSTON).

La fixation de ce ver polychète a lieu en juin et en octobre. Elle est provoquée par :

1) la période de reproduction de cette espèce, mai et septembre à Ostende;
2) l'accumulation des particules de vase sur la plaque expérimentale entre les *Balanus* et les *Mytilus*. Il se forme ainsi un substrat favorable à la fixation de larves de Polydora;
3) la situation de la plaque sous le niveau de marée basse, permettant ainsi une fixation de 24 heures sur 24 pendant toute la période de reproduction;
4) la suspension de la plaque dans une eau relativement calme.

Formation de la couche de vase sur la plaque.

Après s'être nichés dans la couche vaseuse, les Polydores forment autour de leurs corps des tubes de mucus qui englobent des particules de vase. Le corps de l'animal s'y trouve enfoui complètement à l'exception de deux antennes qui sortent du tube. L'animal allonge progressivement son tube de vase. Il en résulte donc une origine double de la couche vaseuse étalée sur la plaque expérimentale :

a) la construction active des tubes par fixation de particules vaseuses et
b) l'accumulation de particules de vase entre les tubes des polychètes.

Conséquence de la fixation de Polydora.

La forte accumulation de la vase provoque la mort des *Balanus crenatus* et celle des individus de *Mytilus edulis* fixés contre la plaque. En effet, on ne retrouve sur la plaque que le squelette calcaire de *Balanus*. Seuls, les exemplaires de *Mytilus* situés en dehors de la zone vaseuse peuvent se maintenir.

La couche vaseuse (4 litres pour les deux surfaces) constitue un biotope nouveau pour la fixation d'autres organismes qui peuvent être considérés comme éléments secondaires du fouling.

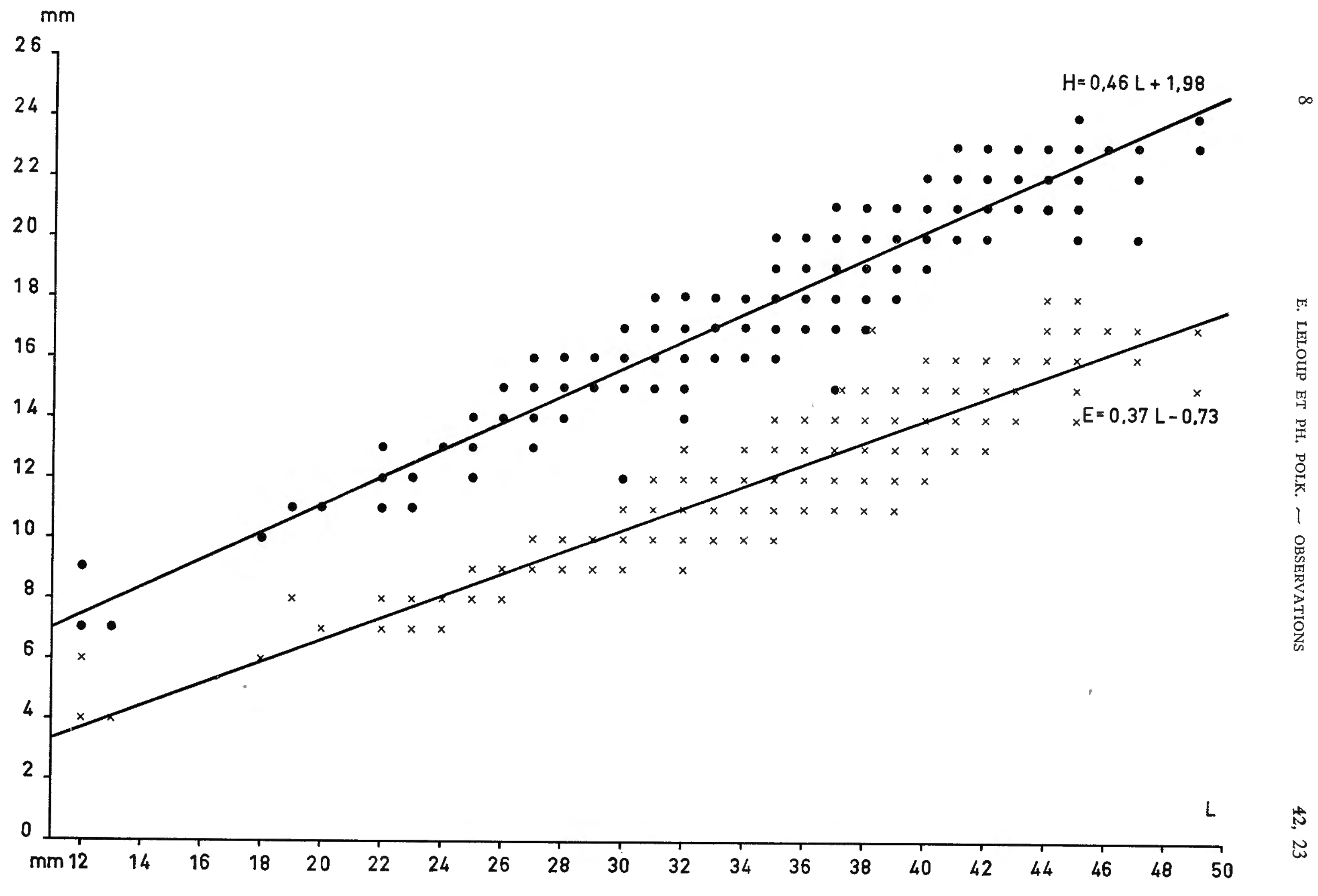


Fig. 5. — Moules recueillies sur la plaque en tufnol. Croissance relative de la hauteur et de l'épaisseur par rapport à la longueur. Coordonnées naturelles (4).

C2. — Fixation postérieure.

Les principales espèces représentées dans la couche de vase sont : *Nereis succinea* (LEUCK.), *Corophium* spec., *Canuella perplexa* (T. & A. SCOTT), *Mesochra pygmaea* (CLAUS), *Nitocra typica* (BOECK) et *Tisbe furcata* (BAIRD). Elles n'appartiennent pas à proprement parler à des organismes de salissures; en effet, elles ne se sont fixées sur la plaque expérimentale que par suite de la présence de la couche de vase.

Mytilus edulis constitue un substrat favorable à *Sagartia elegans* (DALYELL), *Membranipora membranacea* (L.), *Bowerbankia gracilis* (LEIDY) et aux jeunes individus de *Balanus crenatus* (BRUG.). Dans le cas présent, toutes ces espèces peuvent être considérées comme organismes du fouling. Elles ne se retrouvent pas sur la plaque expérimentale même, à cause de la concurrence pour l'espace vital exercée par *Balanus* et ultérieurement par *Polydora*.

C3. — Evolution ultérieure de la fixation (31-VIII-1964).

Lors d'un contrôle d'autres plaques encore suspendues dans l'eau, le 31-VIII-1964, nous avons constaté que l'image du fouling avait complètement changé.

a) Il subsistait seulement 7 moules par plaque (la plus petite mesurait 4,5 cm; la plus grande : 5,5 cm). Les grappes étaient-elles devenues trop lourdes pour leur surface basale d'attache ? Elles ont probablement été arrachées par les chocs provoqués lors des mouvements violents de l'eau.

b) La couche de vase à *Polydora* avait disparu. Seuls persistaient quelques tubes épars de vers polychètes. La majorité des squelettes de Balanes n'a plus été retrouvée.

c) Sur la plaque quasi propre, on remarquait 2 exemplaires de *Metridium senile* (L.).

5. — CONCLUSIONS.

Dans le port d'Ostende, *Balanus*, *Mytilus* et *Polydora* constituent les éléments principaux du fouling; ils agissent soit directement par leur densité élevée (balanes et moules) soit indirectement par leur capacité d'accumuler de la vase (polydores).

Après environ 16 mois, la majorité des organismes de la salissure disparaît. A cause de leur développement trop massif, leur poids les arrache

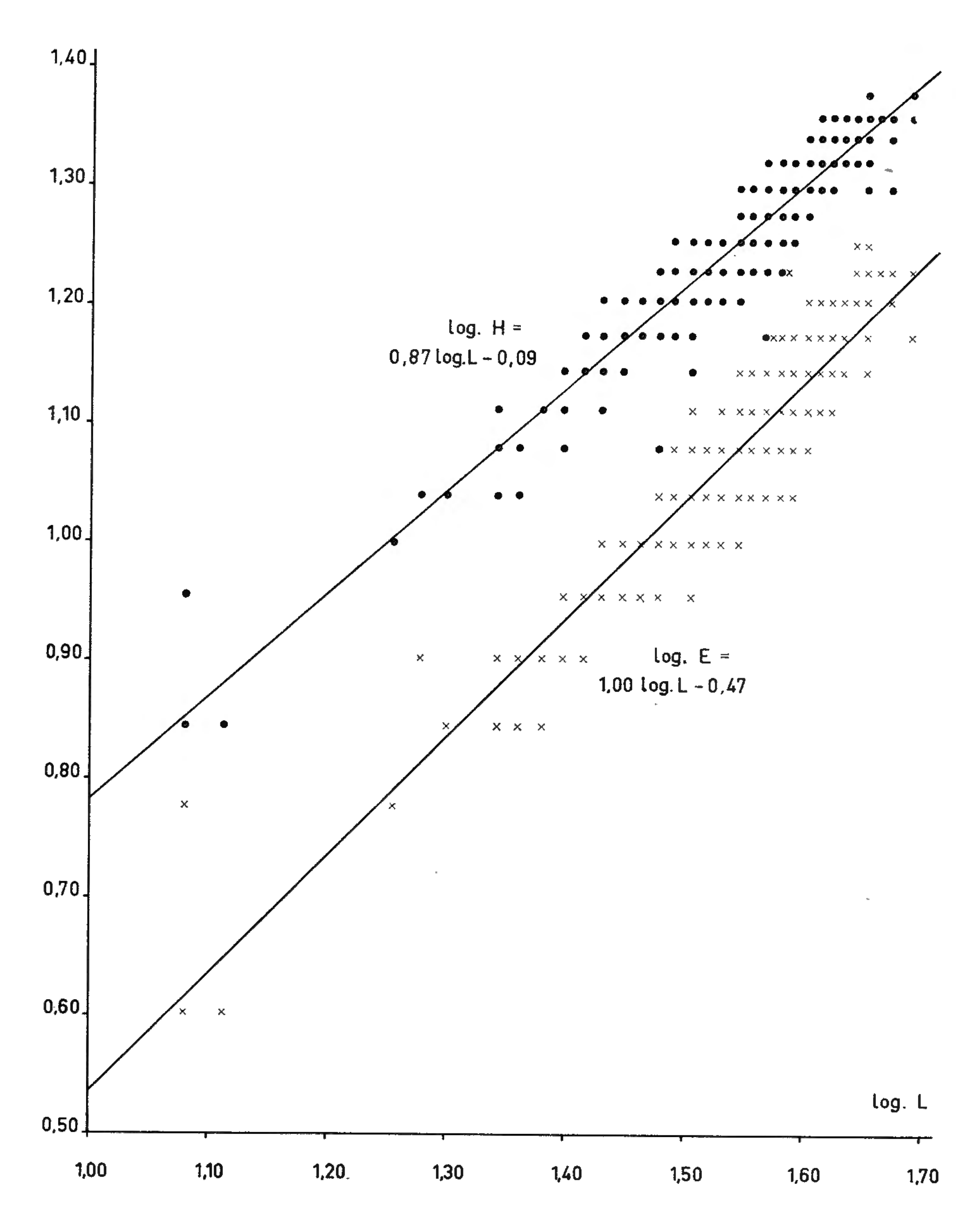


Fig. 6. — Moules recueillies sur la plaque en tufnol. Croissance relative de la hauteur (H) et de l'épaisseur (E) par rapport à la longueur (L). Coordonnées logarithmiques (4).

d'une surface verticale soumise à la violence des chocs d'une eau agitée par les courants de marée, les passages de bateaux, etc. Ainsi se crée la possibilité d'un nouveau développement des composants du fouling.

INSTITUT D'ETUDES MARITIMES, OSTENDE.

RÉSUMÉ.

Observations sur la salissure d'une plaque en tufnol immergée pendant 13 mois (11-IV-1963/28-V-1964) dans le port d'Ostende : températures et chimie du milieu; granulométrie de la vase accumulée; inventaire et évolution dans le temps des organismes du fouling.

TABLEAU I.

Caractères chimiques de l'eau du fond du port d'Ostende — 23-IV-1963/27-VIII-1964.

Dates	Temp. C.	pH	Alc. HCL/N cc°/00	Cl g/l	Sal. g/l	O_2 saturation	NO_3 mg/l	PO_4 mg/l	Mat. org. dissoute (en KMn O_4 mg/l)
23-IV-1963	10,00	8,42	2,272	18,39	33,22	108,37	0,373	0,488	8,458
7-V-1963	11,50	8,01	2,540	18,05	32,61	64,97	0,226	0,293	3,768
21-V-1963	12,50	8,05	2,836	18,28	33,03	70,70	0,360	0,338	11,175
6-VI-1963	16,00	7,80	2,738	16,39	29,61	60,94	0,585	0,642	14,037
20-VI-1963	15,50	7,87	2,550	18,11	32,72	66,26	0,220	0,433	10,005
5-VII-1963	16,50	7,70	2,692	18,10	32,70	19,38	0,756	0,693	9,854
19-VII-1963	17,25	7,73	2,456	18,51	33,44	67,08	0,420	0,445	13,000
2-VIII-1963	20,25	7,60	2,620	16,59	29,47	51,47	1,511	0,664	8,464
19-VIII-1963	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3-IX-1963	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17-IX-1963	17,50	7,78	2,496	17,01	30,73	70,90	1,461	0,621	16,480
3-X-1963	13,50	7,90	2,580	18,19	32,86	70,72	0,476	0,451	9,355
17-X-1963	13,00	7,85	2,644	17,36	31,36	75,68	1,382	0,531	11,451
31-X-1963	11,20	7,72	2,600	17,33	31,31	72,96	1,013	0,398	7,692
14-XI-1963	10,25	7,95	2,606	17,81	32,18	81,17	0,278	0,330	11,055
5-XII-1963	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13-XII-1963	3,75	7,75	3,012	16,31	29,47	78,32	1,977	0,360	12,352
30-I-1964	3,50	7,50	4,808	9,36	16,92	52,07	4,750	0,458	—
6-II-1964	5,00	7,50	4,030	10,21	18,46	55,62	7,107	0,737	—
13-II-1964	5,00	7,60	4,420	11,51	20,81	69,01	3,462	0,665	—
20-II-1964	3,00	7,63	4,150	8,82	15,95	54,67	2,264	0,665	—
27-II-1964	6,50	7,52	3,790	10,23	18,50	55,55	2,292	0,665	—
5-III-1964	4.25	7,70	2,850	11,86	21,44	59,27	2,222	0,609	—
12-III-1964	4,00	7,45	2,878	12,72	22,99	71,65	0,362	2,360	—

TABLEAU I *(suite)*.

Dates	Temp. C.	pH	Alc. HCL/N cc°/oo	Cl g/l	Sal. g/l	O_2 saturation	NO_3 mg/l	PO_4 mg/l	Mat. org. dissoute (en KMn O_4 mg/l)
19-III-1964	4,50	7,30	3,088	11,28	20,39	56,69	4,305	0,774	—
26-III-1964	8,00	7,30	3,066	3,30	5,99	48,85	7,778	0,784	19,389
2-IV-1964	7,00	7,40	3,810	6,96	12,59	56,40	3,403	0,473	33,291
9-IV-1964	7,50	7,60	3,282	12,34	22,30	101,54	7,847	0,514	28,428
16-IV-1964	10,25	7,80	2,448	11,40	20,61	60,31	0,119	0,757	26,933
23-IV-1964	12,00	7,53	3,472	13,42	24,25	28,16	0,217	0,622	27,323
30-IV-1964	13,00	7,30	3,766	13,50	24,40	25,87	2,319	0,551	30,524
8-V-1964	13,50	7,67	3,042	17,01	30,73	51,49	0,879	0,748	15,676
14-V-1964	15,50	7,43	3,586	14,14	25,55	32,76	0,227	0,625	21,163
21-V-1964	16,00	7,60	3,160	15,51	28,03	47,89	0,118	0,700	17,342
29-V-1964	17,25	7,59	3,128	16,08	29,05	48,97	0,245	0,644	19,241
4-VI-1964	18,25	7,54	3,526	14,14	25,55	22,53	0,229	0,655	20,818
12-VI-1964	19,00	7,42	3,332	15,88	28,69	37,14	0,167	0,579	15,326
18-VI-1964	18,25	7,73	2,914	16,90	30,53	51,15	0,333	0,568	18,818
25-VI-1964	18,50	7,40	3,422	14,47	26,15	24,58	0,375	0,845	25,766
2-VII-1964	19,25	7,61	3,192	14,34	25,91	48,54	0,291	0,667	24,123
9-VII-1964	18,20	7,53	3,156	14,84	26,82	22,05	0,380	0,502	26,543
16-VII-1964	20,00	7,60	3,020	16,34	29,52	56,02	0,181	1,475	14,064
23-VII-1964	20,00	7,40	3,520	15,05	27,20	0,83	0,190	0,895	18,637
30-VII-1964	20,40	7,60	3,050	15,76	28,48	48,38	0,204	0,912	13,894
6-VIII-1964	20,50	7,40	3,224	16,21	29,29	33,51	0,223	1,124	13,547
13-VIII-1964	19,50	7,68	3,170	15,91	28,75	48,54	0,438	1,000	17,582
20-VIII-1964	18,60	7,42	3,606	13,80	24,94	36,08	0,259	0,729	25,376
27-VIII-1964	19,00	7,68	2,934	17,47	31,56	75,14	0,498	0,793	23,996

TABLEAU II.

Granulométrie et composition du fouling

Tamis n°	1	2	3	4	5	6	7	8
Poids total 1.601,370 G.	546,920 (a)	48,550	68,200	99,500	1,570	55,600	12,050	768,980
%	34,16	3,03	4,26	6,21	0,10	3,47	0,75	48,02
Composition (b)	B, D, M, (30 mm et >), P	H, M, (23 mm et >), N, P	C, H, N, P	C, H, N, P	C, Ci, H, N, P	Ci, Cr, J, N, P	V	Va

(a) Composition : divers = 14,700 g; moules, valves séparées et coquilles vides = 28,750 g; moules pleines = 438,920 g; chair = 64,55 g.

(b) B = byssus de moules; C = Corophium; Ci = Cirripèdes; Cr = Crustacés indéterminables; D = débris divers; H = Hydropolypes, Laomedea; J = moules; M = valves séparées et coquilles vides de moules; N = Nématodes; P = tubes de Polydores et Polychètes indéterminables; V = végétaux, débris; Va = Vase.

AD. GOEMAERE, Imprimeur du Roi, 21, rue de la Limite, Bruxelles-3